

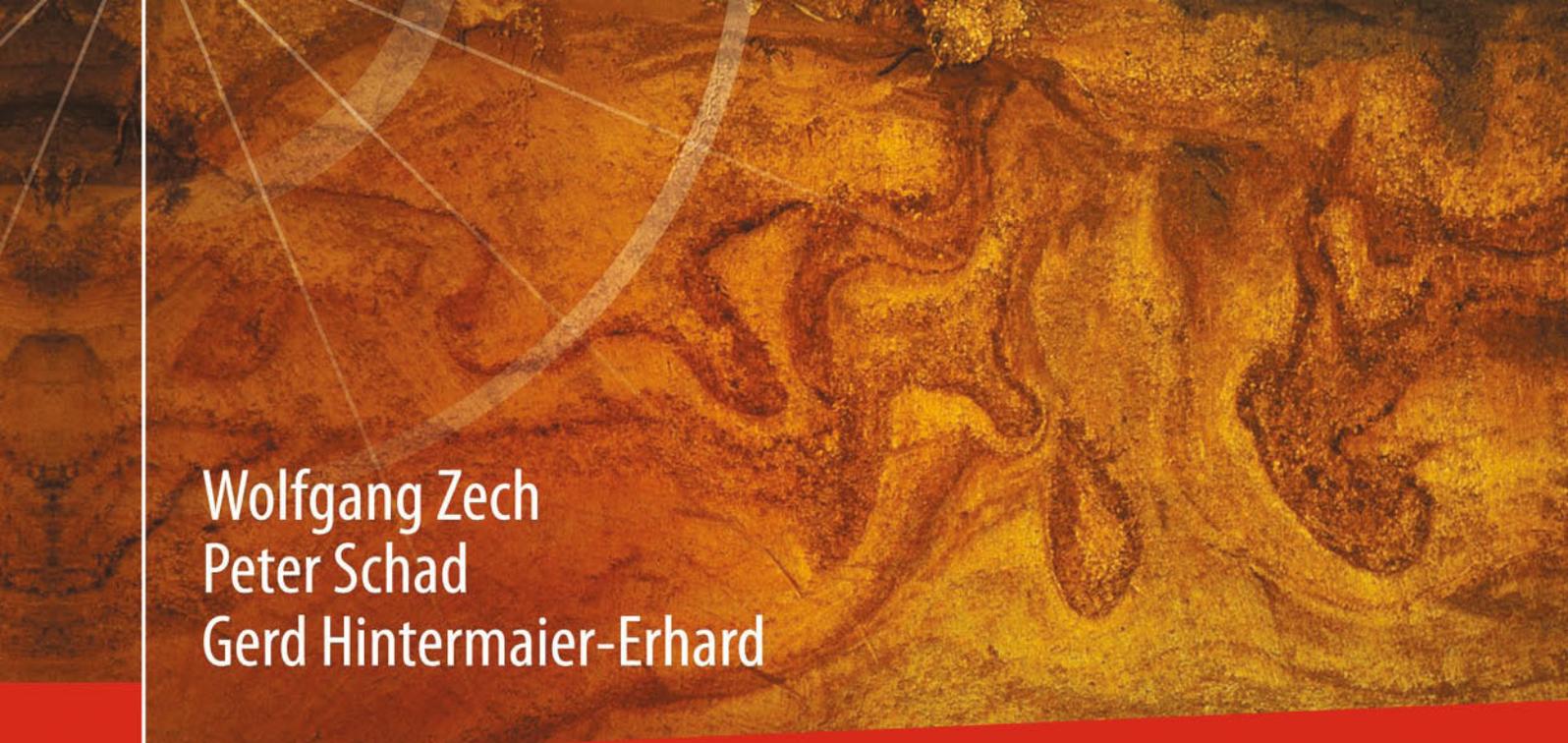
Wolfgang Zech
Peter Schad
Gerd Hintermaier-Erhard

Böden der Welt

Ein Bildatlas

2. Auflage

 Springer Spektrum



Wolfgang Zech
Peter Schad
Gerd Hintermaier-Erhard

Böden der Welt

Ein Bildatlas

2. Auflage

Böden der Welt

Wolfgang Zech
Peter Schad
Gerd Hintermaier-Erhard

Böden der Welt

Ein Bildatlas

2. Auflage

Prof. Dr. Wolfgang Zech
Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie
Universität Bayreuth
Universitätsstraße 30
95440 Bayreuth

Dr. Peter Schad
Lehrstuhl für Bodenkunde
Technische Universität München
Emil-Ramann-Straße 2
85354 Freising

Gerd Hintermaier-Erhard
Kastanienstr. 21b
86899 Landsberg am Lech

ISBN 978-3-642-36574-4
DOI 10.1007/978-3-642-36575-1

ISBN 978-3-642-36575-1 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Berlin Heidelberg 2002, 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Planung und Lektorat: Frank Wigger, Dr. Christoph Iven, Sabine Bartels

Satz: Armin Stasch, Bayreuth

Einbandentwurf: deblik, Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-spektrum.de

Vorwort zur zweiten Auflage



Wolfgang Zech



Peter Schad



Gerd Hintermaier-Erhard

Die 2002 erschienene und inzwischen vergriffene erste Auflage des Buches „Böden der Welt“ beruhte im Wesentlichen auf der 1998 veröffentlichten World Reference Base for Soil Resources (WRB). Diese ist die offizielle Referenznomenklatur für Böden und Bodenklassifikation der Internationalen Bodenkundlichen Union und das gemeinsame Klassifikationssystem der Europäischen Union. Sie wurde bisher in 13 Sprachen übersetzt. Um das Konzept der WRB zu verbessern, wurden in den folgenden Jahren zahlreiche Exkursionen und Tagungen durchgeführt. Vorschläge zur Verbesserung des Klassifikationssystems erschienen außerdem in einer Vielzahl von Artikeln und Büchern. Dies führte dazu, dass in der zweiten Auflage der WRB von 2006 (mit einem ersten Update 2007) neue Referenzbodengruppen eingeführt wurden, nämlich die **Technosole** und die **Stagnosole**, wodurch sich deren Zahl auf 32 erhöhte. Die zweite Auflage der WRB berücksichtigt ferner die beachtlichen Fortschritte in der Bodenansprache und -klassifikation, unter anderem hinsichtlich der Böden arider und tropischer Gebiete. Verbesserungen betreffen auch die Definitionen zahlreicher diagnostischer Bodenhorizonte, Bodeneigenschaften und Materialien.

Diese umfassenden Veränderungen machen es notwendig, auch den Bildatlas „Böden der Welt“ zu überarbeiten und an die Neuerungen der WRB 2006 anzupassen. Die Autoren der Erstauflage (Zech und Hintermaier-Erhard) sind sehr froh, dass Herr Peter Schad, einer der besten Kenner der WRB und Vorsitzender der WRB-Arbeitsgruppe der Internationalen Bodenkundlichen Union, an der vorliegenden zweiten Auflage mitarbeitete, was die Qualität des Buches entscheidend verbesserte. Erfreulicherweise konnte die Zahl der Bilder erhöht und damit die Anschaulichkeit unseres Bildatlas maßgeblich verbessert werden. Wie bisher werden die Böden nach ihrem Vorkommen in den verschiedenen Ökozonen der Erde besprochen, deren Merkmale wir im Wesentlichen aus dem „Handbuch der Ökozonen“ von Schultz (2000) entnommen haben. Dankenswerterweise leistete Herr Prof. Dr. Jörg Pfadenhauer (Freising) maßgebliche Beiträge zu den vegetationskundlichen Teilen und unterzog außerdem die Absätze über Lage und Klima einer kritischen Durchsicht. Unser Dank geht an die vielen Leser der ersten Auflage für ihre kompetenten Anregungen, wobei besonders die Verbesserungsvorschläge von Herrn Universitätsprofessor Dr. Othmar Nestroy (Graz) und Herrn Prof. Dr. Norman Peinemann (Bahia Blanca) hervorzuheben sind. Ein zentrales Element im didaktischen Konzept unseres Buches sind die zahlreichen Abbildungen. Frau Elfriede Schuhbauer hat sie mit großem Können und unermüdlichem Fleiß aktualisiert. Hierfür gebührt ihr unser größter Dank.

Herbst 2013

Wolfgang Zech, Peter Schad, Gerd Hintermaier-Erhard

Inhalt

Vorwort zur zweiten Auflage	V
Abkürzungen, Akronyme	IX
Einleitung und Hinweise zur Nutzung des Buches	XI
World Reference Base for Soil Resources (WRB)	XI
Klassifikation von Böden	XI
Begrabene Böden und Paläoböden	XII
Erstellung von Kartenlegenden	XII
Horizontsymbole	XV
Übersicht über die Böden und ihre ökozonale Zuordnung	XVII
Ökozonen der Erde und ihre Böden	1
A Polare und Subpolare Zone (Tundra)	2
Lage, Klima, Vegetation	2
Böden und ihre Verbreitung	3
A.1 Cryosole (CR)	4
Landschaften und Böden	6
Catena	9
B Boreale Zone (Taiga; kalt-gemäßigte Zone)	10
Lage, Klima, Vegetation	10
Böden und ihre Verbreitung	11
B.1 Histosole (HS)	12
B.2 Gleysole (GL)	14
B.3 Podzole (PZ)	16
B.4 Albeluvisole (AB)	18
B.5 Stagnosole (ST)	20
Landschaften und Böden	22
Catena	25
C Feuchte Mittelbreiten (feuchte kühl-gemäßigte Zone)	26
Lage, Klima, Vegetation	26
Böden und ihre Verbreitung	27
C.1 Cambisole (CM)	28
C.2 Luvisole (LV)	30
C.3 Umbrisole (UM)	32
Landschaften und Böden	34
Catena	37
D Trockene Mittelbreiten (trockene kühl-gemäßigte Zone)	38
Lage, Klima, Vegetation	38
Böden und ihre Verbreitung	39
D.1 Phaeozeme (PH)	40
D.2 Chernozeme (CH)	42
D.3 Kastanozeme (KS)	44
Landschaften und Böden	46
Catena	49
E Winterfeuchte Subtropen (winterfeuchte warm-gemäßigte Zone)	50
Lage, Klima, Vegetation	50
Böden und ihre Verbreitung	51

E.1	Chromic Cambisole (CM)	52
E.2	Chromic Luvisole (LV)	52
	Landschaften und Böden	54
	Catenen	57
F	Immerfeuchte Subtropen (immerfeuchte warm-gemäßigte Zone)	58
	Lage, Klima, Vegetation	58
	Böden und ihre Verbreitung	59
F.1	Acrisole (AC)	60
F.2	Alisole (AL)	62
	Landschaften und Böden	64
	Catenen	67
G	Trockene Subtropen und Tropen	68
	Lage, Klima, Vegetation	68
	Böden und ihre Verbreitung	69
G.1	Arenosole (AR)	70
G.2	Calcisole (CL)	72
G.3	Gypsisole (GY)	74
G.4	Durisole (DU)	76
G.5	Solonchake (SC)	78
G.6	Solonetze (SN)	80
	Landschaften und Böden	82
	Catenen	85
H	Sommerfeuchte Tropen	86
	Lage, Klima, Vegetation	86
	Böden und ihre Verbreitung	87
H.1	Lixisole (LX)	88
H.2	Nitisole (NT)	90
H.3	Vertisole (VR)	92
H.4	Planosole (PL)	94
	Landschaften und Böden	96
	Catenen	99
I	Immerfeuchte Tropen (tropische Regenwaldgebiete)	100
	Lage, Klima, Vegetation	100
	Böden und ihre Verbreitung	101
I.1	Ferralsole (FR)	102
I.2	Plinthosole (PT)	104
	Landschaften und Böden	106
	Catenen	109
J	Gebirgsregionen	110
	Lage, Klima, Vegetation	110
	Böden und ihre Verbreitung	111
J.1	Leptosole (LP)	112
J.2	Regosole (RG)	114
J.3	Andosole (AN)	116
	Landschaften und Böden	118
	Catenen	121
K	Weltweit verbreitete Böden	122
K.1	Fluvisole (FL)	122
K.2	Anthrosole (AT)	124
K.3	Technosole (TC)	126
	Landschaften und Böden	128
	Catenen	131
	Anhang	133
	Glossar	135
	Literatur	143
	Sachindex	145
	Geographischer Index	159

Abkürzungen, Akronyme

a	Jahr(e)
AAK	Anionenaustauschkapazität in $\text{cmol}(-) \text{kg}^{-1} \text{FE}$
Al_d	Aluminium, extrahierbar mit Dithionit-Citrat-Lösung
Al_o	Aluminium, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung
Al_{py}	Aluminium, extrahierbar mit Pyrophosphatlösung
BS	Basensättigung in %; man unterscheidet: $\text{BS}_{\text{pot}} = [(Ca + Mg + Na + K) / \text{KAK}_{\text{pot}}] \times 100$ $\text{BS}_{\text{eff}} = [(Ca + Mg + Na + K) / \text{KAK}_{\text{eff}}] \times 100$
cal ka BP	kalibrierte Kilojahre before present (present: 1950 n. Chr.)
cmol	centimol
C_{org}	organischer Kohlenstoff
$\delta^{13}\text{C}$	$[(R_{\text{Probe}} / R_{\text{Standard}}) - 1] \times 1000$, wobei $R = {}^{13}\text{C} / {}^{12}\text{C}$; carbon reference standard = VPDP (Vienna pee Dee belemnite)
$\delta^{15}\text{N}$	s. $\delta^{13}\text{C}$, wobei $R = {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}$; nitrogen reference standard = AIR N_2
$\delta^{18}\text{O}$	s. $\delta^{13}\text{C}$, wobei $R = {}^{18}\text{O} / {}^{16}\text{O}$; oxygen reference standard = VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water)
δD	s. $\delta^{13}\text{C}$, wobei $R = \text{D} / \text{H}$ (Deuterium / Wasserstoff)
d	Tag
DBG	Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft
DOM	dissolved organic matter (gelöste organische Substanz)
EC	electric conductivity (elektrische Leitfähigkeit)
EC_e	elektrische Leitfähigkeit im Sättigungsextrakt
ESP	exchangeable sodium percentage (austauschbares Na in % der KAK)
ET	Evapotranspiration
FE	Feinerde
Fe_d	pedogenes, kristallisiertes, sog. „freies“ Eisen, extrahierbar mit Dithionit-Citrat-Lösung
Fe_o	schlecht kristallisiertes, sog. „aktives“ Eisen, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung
GOF	Geländeoberfläche (Obergrenze des Oe-Horizonts (n. DBG: Of) oder des H-Horizonts der organischen Auflage; falls nicht vorhanden: Obergrenze des Mineralbodens); u. GOF = unter Geländeoberfläche
h	Stunde (hour, hora)
HACs	high activity clays (Dreischicht-Tonminerale mit hoher KAK, z. B. Smectite)
ka	Kilojahr (auch kyr; ka BP = Kilojahre before present; present: 1950 n. Chr.)
KAK_{pot}	potentielle Kationenaustauschkapazität in $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1} \text{FE}$ oder $\text{kg}^{-1} \text{Ton}$ (Ammoniumacetatmethode bei pH 7)
KAK_{eff}	effektive Kationenaustauschkapazität in $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1} \text{FE}$ oder $\text{kg}^{-1} \text{Ton}$ (Summe der mit Ammoniumacetat bei pH 7 austauschbaren Ca-, Mg-, K- und Na-Ionen + mit 1 M KCl freigesetzter Al- und H-Ionen)
LACs	low activity clays (Tonminerale mit niedriger KAK; meist Zweischicht-Tonminerale)
LGM	Last Glacial Maximum (letzte maximale Vergletscherung, vor ca. 20 000 Jahren)
LK	Luftkapazität (Volumen der schnell dränenden Grobporen; $>50 \mu\text{m}$ Äquivalentdurchmesser; $\text{pF} < 1,8$); angegeben in mm dm^{-1} (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum
N	Niederschlag
N_m	mittlerer Jahresniederschlag
N	Zeichen für Stickstoff
nWSK	nutzbare Wasserspeicherkapazität (nutzbare Feldkapazität): pflanzenverfügbares Wasser (Wasser in Mittelporen und langsam dränenden Grobporen; $0,2\text{--}50 \mu\text{m}$ Äquivalentdurchmesser; $\text{pF} 1,8\text{--}4,2$); angegeben in mm dm^{-1} (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum
OBH	Oberbodenhorizont(e) (s. a. UBH)
OS	organische Substanz ($\text{C}_{\text{org}} \times 1,724$)
Pg	Petagramm (10^{15}g)
PV	Porenvolumen

rH	negativer dekadischer Logarithmus des Wasserstoff-Partialdrucks
RSG	Reference Soil Group („Bodentyp“ der WRB)
S	a) Zeichen für Schwefel b) Sand (Korndurchmesser 63–2 000 μm)
SAR	sodium adsorption ratio: $\text{Na}^+ / 0,5(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})^{0,5}$, Ionen in $\text{cmol}(+) / \text{Liter Bodenlösung}$
Si_o	Silicium, extrahierbar mit saurer Oxalatlösung
SM	Schwermetalle
T	Ton (Korndurchmesser $< 2 \mu\text{m}$)
T_m	mittlere Jahrestemperatur
TRB	total reserve in bases (Summe der austauschbar + mineralisch gebundenen Basenkationen Ca, Mg, K, Na)
U	Schluff (Korndurchmesser 2–63 μm)
UBH	Unterbodenhorizont(e) (s. a. OBH)
WRB	World Reference Base for Soil Resources
WSK	Wasserspeicherkapazität (Feldkapazität): pflanzenverfügbares Wasser + Totwasser (Wasser in Feinporen, Mittelporen und langsam dränenden Grobporen; $< 50 \mu\text{m}$ Äquivalentdurchmesser; $\text{pF} > 1,8$); angegeben in mm dm^{-1} (oder %) bzw. mm im effektiven Wurzelraum

World Reference Base for Soil Resources (WRB)

Dieses Buch gliedert die Böden der Welt nach der WRB, deren zweite Auflage 2006 erschienen ist (IUSS Working Group WRB 2006). Die deutsche Übersetzung wurde 2008 veröffentlicht (IUSS Working Group WRB 2008; download bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe); sie beruht auf der 2007 im Internet auf der FAO-Homepage publizierten korrigierten Fassung der zweiten Auflage. Für die Erstellung von Kartenlegenden wurden 2010 auf der FAO-Homepage die „Guidelines for constructing small-scale map legends using the World Reference Base for Soil Resources“ (IUSS Working Group WRB 2010) veröffentlicht.

Vorläufer der zweiten Auflage der WRB sind die Legende zur Weltbodenkarte der FAO (FAO-Unesco 1974; FAO 1988) sowie die erste Auflage der WRB (FAO 1998). Letztere diente als Grundlage für die erste Auflage des vorliegenden Buches.

Die WRB kennt zwei **Klassifikationsebenen**. Auf der oberen Ebene sind 32 Bodentypen als **Reference Soil Groups (RSGs)** definiert. Die Klassifikation eines Bodens auf dieser oberen Ebene erfolgt mit Hilfe eines Bestimmungsschlüssels (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 3). Zur weiteren Untergliederung auf der unteren Ebene ordnet man dem Namen der RSG Adjektive zu, die als **Qualifier** bezeichnet werden. Derzeit gibt es 179 Qualifier; sie sind im fortlaufenden Text des Buches mit einem * gekennzeichnet und im Anhang in alphabetischer Reihenfolge in vereinfachter Form definiert. Einige können mit vielen RSGs kombiniert werden, andere nur mit wenigen oder gar nur mit einer. Im Bestimmungsschlüssel ist daher für jede RSG aufgelistet, welche der 179 Qualifier vorkommen können. Ihre Zahl schwankt von 21 (Nitisoile) bis 57 (Cambisoile). Da sich jedoch viele Qualifier gegenseitig ausschließen, trifft für einen konkreten Boden nur eine kleine Auswahl der aufgelisteten Qualifier zu. Zur Kennzeichnung von Tiefenbereich oder Intensität von Bodenmerkmalen können **Specifier** verwendet werden. Sie werden den Qualifiern vorangestellt und mit diesen zu einem Wort zusammengefügt, z. B. Endoskeletal (Skeletal* im Bereich von 50–100 cm, nicht aber darüber).

Die Definitionen sowohl im Bestimmungsschlüssel zu den RSGs (obere Ebene) als auch in der alphabetischen Liste der Qualifier (untere Ebene) basieren ihrerseits auf diagnostischen Materialien, Eigenschaften und Horizonten, welche in diesem Buch mit ** versehen sind. **Diagnostische Materialien** kennzeichnen die Ausgangsmaterialien, aus denen sich die Böden entwickelt haben. **Diagnostische Horizonte** und **diagnostische Eigenschaften** sind typische Ergebnisse bodenbildender Prozesse, oder sie kennzeichnen typische Bedingungen der Bodenbildung, wie z. B. reduzierende Verhältnisse. Dabei haben diagnostische Horizonte im Gegensatz zu diagnostischen Eigenschaften immer eine Mindestmächtigkeit, wodurch ihre meist oberflächenparallele Ausbildung zum Ausdruck kommt. Neben diesen durch Merkmalskomplexe gekennzeichneten Diagnostika werden auf beiden Ebenen auch einfache Einzelmerkmale (z. B. Basensättigung oder Tongehalt) für die Definitionen herangezogen.

Klassifikation von Böden

Für die **Klassifikation eines Bodens (Pedons)** sind die Qualifier in **Präfix-Qualifier** und **Suffix-Qualifier** untergliedert. Diese sind im vorliegenden Buch für jede der 32 RSGs aufgelistet. Die Präfix-Qualifier umfassen zum einen solche Qualifier, die für die betreffende RSG typisch sind, zum anderen jene Qualifier, die einen Übergang zu einer anderen RSG kennzeichnen. Alle anderen Qualifier sind Suffix-Qualifier. Sie geben Auskunft über weitere chemische, physikalische und mineralogische Merkmale der Böden wie Basenstatus, Bodenart oder Farbe. Die Präfix- und Suffix-Qualifier sind für jede RSG in einer verbindlichen Reihenfolge aufgelistet, wodurch sichergestellt werden soll, dass ein bestimmter Boden immer denselben Namen erhält. Die Reihenfolge beinhaltet jedoch keine Rangfolge nach Bedeutung. Für die Klassifikation auf der zweiten Ebene müssen daher alle zutreffenden Qualifier zum Namen der RSG hinzugefügt werden. Lediglich redundante Qualifier (deren Merkmale inbegriffen sind in einem bereits hinzugefügten Qualifier) werden weggelassen. Die Präfix-Qualifier werden ohne Klammern und ohne Kommas vor den Namen der RSG gestellt. Die Reihenfolge ist von rechts nach links, d. h. der Qualifier, der in der Liste zuerst kommt, steht dem Namen der RSG am nächsten. Die Suffix-Qualifier werden in einer Klammer hinter den Namen der RSG gestellt und durch Kommas voneinander getrennt. Die Reihenfolge ist von links nach rechts, wodurch auch hier der Qualifier, der in der Liste zuerst genannt ist, näher am Namen der RSG steht.

Will man einen Boden klassifizieren, so wird empfohlen, zunächst die diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien an Hand der Geländeansprache sowie der Labordaten und gemäß

ihren Definitionen (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 2) zu identifizieren. Mit Hilfe eines Schlüssels (s. IUSS Working Group WRB 2008, Kapitel 3) erfolgt dann die Bestimmung der Reference Soil Group (RSG) und damit die Klassifikation auf der oberen Ebene. Schließlich geht man für die betreffende RSG die Präfix- und Suffix-Qualifier-Listen durch und fügt alle zutreffenden Qualifier hinzu.

Beispiel für eine Klassifikation nach WRB. Ein Boden hat einen ferralic** Horizont, in dessen oberem Teil sich die Bodenart innerhalb von 15 cm von sandigem Lehm zu sandigem Ton ändert. Somit ist ein Teil des ferralic** Horizonts gleichzeitig ein argic** Horizont. Der pH-Wert liegt zwischen 5,5 und 6 und zeigt damit mäßige bis gute Basensättigung an. Der B-Horizont ist dunkelrot; unterhalb von 50 cm beginnt eine redoximorphe Fleckung. Der Boden ist also ein Ferralsol (s. Abschnitt I.1). Die Klassifikation dieses Bodens im Gelände ist: **Lixic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**. Dabei zeigt der Lixic* Qualifier den argic** Horizont mit niedriger KAK_{pot} und hoher BS an, der Ferric* Qualifier das redoximorphe Farbmuster und der Rhodic* Qualifier die dunkelrote Matrixfarbe. Wenn die nachfolgende Laboranalyse zeigt, dass die potentielle Kationenaustauschkapazität (in 1 M NH_4OAc , pH 7) des ferralic Horizont unter $4 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ Ton liegt, wird dies durch den Vetic* Qualifier ausgedrückt und die endgültige Klassifikation lautet: **Lixic Vetic Ferralsol (Ferric, Rhodic)**.

Zur Beschreibung des Bodens und seiner Merkmale empfiehlt die WRB die Guidelines for Soil Description (FAO 2006). Dabei ist es zweckmäßig, Vorkommen und Tiefe der identifizierten diagnostischen Horizonte, Eigenschaften und Materialien bereits im Gelände zu notieren und eine vorläufige Klassifikation vorzunehmen. Die endgültige Klassifikation erfolgt, wenn die Analysendaten verfügbar sind. Zur Bestimmung der chemischen und physikalischen Laborwerte werden die Procedures for Soil Analysis (Van Reeuwijk 2002) empfohlen.

Begrabene Böden und Paläoböden

Ist ein Boden unter (neu bzw. später) abgelagertem Material begraben, so gelten in der WRB folgende Regeln:

1. Das aufgelagerte Material und der begrabene Boden werden wie ein einziger Boden klassifiziert, wenn sie zusammen die Kriterien einer der folgenden RSGs erfüllen: Histosol, Technosol, Cryosol, Leptosol, Vertisol, Fluvisol, Gleysol, Andosol, Planosol, Stagnosol oder Arenosol.
2. Trifft dies nicht zu, so muss geprüft werden, wie mächtig das aufgelagerte Material ist und ob es nach Ablagerung schon eine fortgeschrittene Bodenentwicklung durchgemacht hat. Ist es mindestens 50 cm mächtig oder erfüllt es für sich allein betrachtet die Kriterien einer RSG, die im Schlüssel vor dem Regosol kommt, so wird zunächst das aufgelagerte Material klassifiziert. Der Name des begrabenen Bodens wird dann mit dem Wort „over“ hinter dem Namen des aufgelagerten Bodens angefügt, z. B. Technic Umbrisol (Greyic) over Rustic Podzol (Skeletal).
3. In allen anderen Fällen wird der begrabene Boden klassifiziert und das aufgelagerte Material durch den Qualifier Novic* gekennzeichnet.

Beispiel. Über einem begrabenen, im Eem entstandenen Chernozem aus Löss wurden während des letzten Glazials 40 cm Löss abgelagert, aus dem sich im Holozän ein Ah- (10 cm) und ein Bw-Horizont (30 cm) entwickelten. Die Ansprache lautet dann z. B.: Eutric Cambisol (Siltic) over Haplic Chernozem (Siltic). Hätte es im aufgelagerten Löss noch kaum Bodenentwicklung gegeben, würde die Ansprache lauten: Haplic Chernozem (Siltic, Siltinovic).

Unter **Paläoböden** versteht man Böden, die schon seit längerer Zeit begraben sind und/oder die unter der Herrschaft anderer bodenbildender Faktoren (insbesondere unter einem anderen Klima) entstanden sind. Für sie hat die WRB noch kein Klassifikationssystem ausgearbeitet. Einstweilen können diagnostische Horizonte begrabener Paläoböden mit dem Thapt(o)-Specifier gekennzeichnet werden, z. B. Thaptomollic, Thaptoferralic. Diese Bezeichnungen werden dem Namen des Bodens als letzte Suffix-Qualifier angefügt. Sie können auch dann verwendet werden, wenn sie in der Liste des (darüber liegenden) rezenten Bodens nicht aufgeführt sind. Beispiel: Ein im Eem aus Löss entstandener und durch Erosion an die Oberfläche gelangter Bt-Horizont wird überlagert von einem Cambisol aus LGM-Löss (Ah: 0–10 cm, Bw: 10–40 cm). Die Ansprache lautet dann: Eutric Cambisol (Thaptargic). Für den Fall, dass mehrere begrabene Bt-Horizonte vorliegen, gibt es derzeit noch keine verbindlichen Klassifikationsvorschläge.

Im Gegensatz zur DBG werden Reliktböden (Böden, die an der Oberfläche liegen, aber unter früheren Klimabedingungen entstanden sind) nach WRB nicht speziell angesprochen. Sie werden klassifiziert, als wären sie unter dem gegenwärtigen Klima entstanden.

Erstellung von Kartenlegenden

Für die **Erstellung von Kartenlegenden** sind die Qualifier hingegen in **Main Map Unit Qualifier** und **Optional Map Unit Qualifier** untergliedert. Auch diese sind in diesem Buch, wie die Präfix- und Suffix-Qualifier, im Abschnitt zur jeweiligen RSG aufgeführt. Bodenkarten erfordern eine generalisierte

Darstellung von Bodeneigenschaften. Außerdem sind die Legendeneinheiten in Abhängigkeit vom Maßstab unterschiedlich detailliert. Anders als bei der Klassifikation von Pedons können daher nicht einfach sämtliche zutreffenden Qualifier wiedergegeben werden, vielmehr steigt die Zahl der zu berücksichtigenden Qualifier mit der Größe des Maßstabs. Die Main Qualifier sind deshalb nach ihrer Bedeutung **gewichtet**. Für jede RSG gibt es eine Main-Qualifier-Liste, in welcher die Wichtigkeit der Qualifier von oben nach unten abnimmt. Sich gegenseitig ausschließende oder ergänzende Qualifier gleichen Ranges sind in der Liste durch Schrägstrich voneinander getrennt (z. B. Dystric/Eutric). Von ihnen wird immer nur der dominante berücksichtigt.

Diese Regeln erlauben auf Karten und Abbildungen kurze, einprägsame „Bodennamen“. Bei sehr kleinen Kartenmaßstäben muss man auf die Qualifier ganz verzichten und kann nur die RSGs darstellen. Bei Maßstäben von etwa 1 : 5 Millionen kann bereits der oberste zutreffende Qualifier aus der Liste der Main Qualifier hinzugefügt werden. Für den Bereich bis zu 1 : 1 Million sind dann zwei Main Qualifier vorgesehen und bis zu 1 : 250 000 drei Main Qualifier. (Für größere Maßstäbe gibt es noch keine Empfehlungen.) Die Main Qualifier stehen (wie die Präfix-Qualifier bei der Klassifikation von Pedons) vor dem Namen der RSG ohne Klammern und ohne Kommas in der Reihenfolge von rechts nach links.

Auf jeder Maßstabsebene können je nach Zweck der Karte noch weitere Qualifier hinter dem Namen der RSG aufgeführt werden. Sie stehen in Klammern und sind durch Kommas getrennt. Es können bisher unberücksichtigte Main Qualifier sein, die in der Liste der Main Qualifier weiter unten stehen, oder Qualifier aus der Liste der Optional Qualifier. Die Liste der Optional Qualifier ist deshalb ohne jede Rangfolge alphabetisch geordnet.

Generell können in einer Kartiereinheit neben einem dominanten Boden auch co-dominante oder assoziierte Böden angegeben werden.

Beispiel für die Erstellung einer Legendeneinheit nach WRB. Eine Kartiereinheit ist dominiert von einem Boden aus mächtigem, stark zersetztem, saurem Hochmoortorf, der innerhalb von 100 cm kontinuierlichem Fels aufliegt und inzwischen drainiert wurde. Der dominante Boden ist also ein Histosol (s. Abschnitt B.1). Die Legendeneinheiten sind:

- Maßstab < 1 : 5 000 000: **Histosol**;
- Maßstab 1 : 5 000 000: **Sapric Histosol**;
- Maßstab 1 : 5 000 000 bis 1 : 1 000 000: **Leptic Sapric Histosol**;
- Maßstab 1 : 1 000 000 bis 1 : 250 000: **Dystric Leptic Sapric Histosol**.

Der Hochmoorcharakter kann durch den Ombric Qualifier (aus der Liste der Main Qualifier) und die Drainierung durch den Drainic Qualifier (aus der Liste der Optional Qualifier) wiedergegeben werden. Auf der größten Maßstabsebene lautet die Einheit also: Dystric Leptic Sapric Histosol (Ombric, Drainic).

Die Bodenbezeichnungen in den Karten, Bodenprofilen und Catenen in diesem Buch folgen den Regeln für die Erstellung von Kartenlegenden (IUSS Working Group 2010).

Horizontsymbole

In diesem Buch werden die Horizontsymbole nach den Guidelines for Soil Description (FAO 2006) verwendet. **Haupthorizonte und -lagen** sind mit Großbuchstaben bezeichnet. Bei **Übergangshorizonten** ist eine Kombination von Großbuchstaben zulässig. Liegen geschichtete Profile vor, so wird den Buchstabenfolgen sämtlicher Horizonte der zweiten Schicht die arabische Ziffer 2, der dritten Schicht die arabische Ziffer 3 etc. vorangestellt. Nachfolgende Tabelle zeigt die Haupthorizonte und -lagen (Definitionen teils vereinfacht). Soweit möglich sind rechts die entsprechenden Horizontsymbole nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5; Ad-hoc-AG Boden 2005) angegeben. Anders als in der KA5 kennzeichnet der erste Buchstabe das dominante Merkmal.

Symbol	Beschreibung	Entsprechungen nach KA5 (sofern vorhanden)
H	organisches Material, akkumuliert unter langanhaltender Wassersättigung	H
O	organisches Material, das ohne langanhaltende Wassersättigung akkumuliert wurde	L, O
A	Mineralischer Oberbodenhorizont, in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist und der mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist: <ul style="list-style-type: none"> Anreicherung von humifizierter organischer Substanz durch Landnutzung hervorgerufene Eigenschaften (z. B. Pflughorizont) eine Morphologie, die sich von jener der darunterliegenden B- oder C-Horizonte unterscheidet 	Ah, Ai, Aa, Ap, E, R
E	Mineralbodenhorizont, der an organischer Substanz, Ton, Eisen oder Aluminium verarmt ist und in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist	Al, Ae
B	Mineralischer Unterbodenhorizont, in dem das ursprüngliche Gesteinsgefüge ganz oder teilweise verschwunden ist und der mindestens eines der folgenden Merkmale aufweist: <ul style="list-style-type: none"> Hinweise auf Verwitterung mit Anreicherung von Ton oder Oxiden Hinweise auf Carbonatlösung residuale Anreicherung von Sesquioxiden illuviale Anreicherung von Ton, Eisen, Aluminium, Humus, Carbonaten, Gips oder SiO₂ Partikel mit Sesquioxidüberzügen, die den Horizont dunkler, intensiver oder stärker rot färben brüchige Konsistenz <p>(Anmerkung: Cv-Horizonte nach KA5 werden in der FAO zu den B-Horizonten gestellt)</p>	B, Cv, P, T, S, G, M
C	Lockerer mineralischer Horizont, der durch bodenbildende Prozesse nur wenig oder gar nicht verändert wurde, der u. U. jedoch durch Prozesse verändert wurde, die nicht von der Bodenoberfläche beeinflusst waren. Auch eine chemische Verwitterung sowie eine Anreicherung von Carbonaten, Gips oder SiO ₂ ist möglich, wenn dabei die Gesteinsstruktur im wesentlichen unverändert blieb	Cj, Cc, ICn
R	Festgestein	mC
I	≥ 75 Vol.-% Eis	–
L	limnisches Material (organisch oder mineralisch), abgelagert in einem Wasserkörper	F
W	Wasser, permanent oder innerhalb von 24 Stunden zyklisch wiederkehrend	–

Zur näheren Kennzeichnung der Haupthorizonte und -lagen verwendet man die folgenden **Kleinbuchstaben** als Suffixe (R, I und W haben keine Suffixe):

Suffix	Beschreibung	kombinierbar mit	Entsprechungen nach KA5 (sofern vorhanden)
a	stark humifiziertes organisches Material	H, O	Oh
b	begrabener (fossiler) Horizont	mineralische Horizonte ohne kryoturbate Veränderungen	f...
c	Konkretionen (meist ausgehärtet)	mineralische Horizonte	...k
c	koprogene Erde aquatischer Systeme	L	Fh
d	dichte Lage (physikalisches Durchwurzelungshindernis)	mineralische Horizonte ohne Verfestigung (ohne ...m)	–
d	Diatomeenerde	L	–
e	mäßig humifiziertes organisches Material	H, O	Of
f	gefrorener Horizont	keine Einschränkungen	–
g	mit Stauwassereinfluss	keine Einschränkungen	Sw, Sd, Sg
h	Anreicherung organischer Substanz	mineralische Horizonte	Ah, Bh
i	Slickensides	mineralische Horizonte	–
i	kaum zersetztes organisches Material	H, O	L
j	Jarositanreicherung	keine Einschränkungen	–
k	Anreicherung von Sekundärcarbonat	keine Einschränkungen	...c
l	hydromorphe Merkmale des Kapillarsaums	keine Einschränkungen	Go
m	mit starker pedogener Verfestigung	mineralische Horizonte	...m
m	Mergel	L	–
n	pedogene Anreicherung von austauschbarem Natrium	keine Einschränkungen	–
o	residuale pedogene Anreicherung von Sesquioxiden	mineralische Horizonte	...u, ...j
p	Pflügen oder andere anthropogene Störungen	O, H, A (gestörte E, B, C werden ebenfalls als A bez.)	...p, ...x, R
q	Anreicherung von pedogenem SiO ₂	mineralische Horizonte	–
r	im Jahresverlauf fast durchgängig reduzierende Verhältnisse	keine Einschränkungen	...r
s	illuviale Anreicherung von Sesquioxiden	B	...s
t	illuviale Tonanreicherung	B, C	Bt, Ct
u	signifikante Anteile an vom Menschen hergestellten Materialien	keine Einschränkungen	y...
v	plinthhaltiger Horizont	mineralische Horizonte	–
w	pedogene Ausbildung von Farbe oder Gefüge	B	...v
x	Fragipaneigenschaften	mineralische Horizonte	–
y	pedogene Gipsanreicherung	keine Einschränkungen	–
z	pedogene Anreicherung von leichtlöslichen Salzen (leichter löslich als Gips)	keine Einschränkungen	...z
@	erkennbare Kryoturbation	keine Einschränkungen	–